Lane Medical Library

Ueber den Eiweisszerfall

im menschlichen Körper bei starker Muskelarbeit.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

unter dem Präsidium des

Herrn Obermedicinalrath Prof. Dr. v. Voit

der

hohen medicinischen Facultät

der k. b. Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Leo Leistikow
Unterarzt im k. b. 1. Ulanen Regiment.

München, 1887.
Kgl. Hof- u. Universitäts-Buchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn.

Ueber den Eiweisszerfall

im menschlichen Körper bei starker Muskelarbeit.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

unter dem Präsidium des

Herrn Obermedicinalrath Prof. Dr. v. Voit

der

hohen medicinischen Facultät

der k. b. Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Leo Leistikow
Unterarzt im k. b. 1. Ulanen Regiment.

München, 1887.
Kgl. Hof- u. Universitäts-Buchdruckerei von Dr. C. Wolf & Sohn.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154014_0190

Seinem lieben Vetter

PAUL GEISLER

in Liebe und Freundschaft

zugeeignet.

Bekanntlich hat man früher, entsprechend den Theorieen Liebig's, allgemein angenommen, dass bei der Muskelarbeit und zur Ermöglichung derselben die Maschinenteile, also die Muskeln selbst, verbraucht würden und dass deshalb dabei mehr Eiweiss wie bei der Ruhe zersetzt werde, dessen Stickstoff dann im Harn vorzüglich als Harnstoff zum Vorschein komme.

Die zu dieser Zeit am Menschen gemachten Untersuchungen der Harnstoff- oder Stickstoffausscheidung im Harn nach körperlicher Anstrengung waren nach unzulänglichen Methoden angestellt, namentlich war die Kost nicht Tag für Tag die gleiche und ihr Stickstoffgehalt nicht genau bekannt.

Nachdem Professor Voit das Verfahren, welches zur Feststellung des Eiweisszerfalles im Tierkörper eingeschlagen werden muss, ausgebildet hatte, war es erst möglich, richtige Resultate zu erhalten.

Er hat darnach zunächst an einem grossen, jüngeren, nicht fetten Hunde beim Hunger und im Stickstoffgleichgewichte mit 1500 gr reinem Muskelfleisch 4 Versuchsreihen ohne und mit Laufen in einem Tretrade ausgeführt und in Folge der Anstrengung eine Steigerung in der Harnstoffausscheidung beim Hunger um 0,9 und 2,3 gr = 8 und 16 %, bei Fleischzufuhr um 3,8 und 7,3 gr = 3 und 7 % gefunden. Das höchst auffallende und allen damaligen Voraussetzungen widersprechende Ergebnis war die ausserordentlich geringe Zunahme der Stickstoffmenge im Harn, welche in gar keinem Verhältnis zur geleisteten Arbeit steht. Denn nach den früheren Anschauungen hätte man, wie erwähnt, eine sehr beträcht-

liche Zunahme der Stickstoffausscheidung erwarten sollen, welche namentlich beim Hunger hätte hervortreten müssen.

Prof Voit hat dann an einem grossen älteren und fettreichem Hunde beim Hunger unter starker Anstrengung noch 2 Versuchsreihen gemacht und dabei in der einen nur eine Zunahme um 0,4 gr, in der anderen sogar eine Abnahme um 0,4 gr Harnstoff durch 8stündiges Laufen erhalten.

Auch beim ruhenden und arbeitenden Menschen wurden von Pettenkofer und Voit beim Hunger und bei genau kontrolierter, ganz gleichmässiger Nahrungsaufnahme 2 Versuchsreihen angestellt, welche nur so minimale Aenderungen des Eiweisszerfalles bei der körperlichen Anstrengung ergaben, dass sie in die Fehlerquellen fallen; es trat auch nicht vorübergehend während der Arbeitsstunden und auch nicht in der Ruhezeit nach der Arbeit eine Aenderung in der Grösse der Zersetzung des Eiweisses ein.

Prof. Voit hat aus seinen Beobachtungen den Schluss gezogen, dass die Muskelarbeit keinen erheblichen Einfluss auf den Eiweissumsatz im Körper besitzt. Er hat ja in einigen Fällen bei dem jüngeren fettärmeren Hunde in Folge der Arbeit eine Steigerung der Stickstoffausscheidung im Harn um 3—8% beobachtet, aber keine oder eine nur ganz unbedeutende beim älteren fetteren Hunde und beim Menschen. Er hat daher alsbald[1]) darauf aufmerksam gemacht, dass ein Plus von Stickstoff nur dann eintritt, wenn in der Nahrung nicht genügend stickstofffreies Material sich findet oder im Körper nur ein geringer Vorrat von Fett aufgehäuft ist.

Jeder die Sache mit etwas weiterem Blicke Betrachtende musste erkennen, dass das Wesentliche dabei nicht der Streit ist, ob hie und da die Stickstoffausscheidung im Harn durch die Muskelanstrengung um einige Prozent zunimmt, sondern vielmehr, dass man keine Aenderung im Eiweisszerfalle wahrnimmt, wenn ausreichend stick-

[1]) Voit, Unters. über den Einfluss des Kochsalzes etc. 1860 S. 188; Zeitschr. f. Biologie 1870 Bd. 6. S. 336.

stofffreie Stoffe zur Zersetzung vorhanden sind und dass nur dann das Eiweiss in geringem, in gar keinem Verhältnis zur Leistung stehenden Masse angegriffen wird, wenn es an stickstofffreien Stoffen mangelt.

In der That waren auf diese Weise die Resultate aller mit den nötigen Kautelen angestellten Versuche über den Einfluss der Muskelarbeit auf den Eiweissumsatz zu erklären. Man arbeitete jedoch andererseits unbekümmert um diese Erkenntnis weiter, und da man, offenbar ohne Voit's Arbeiten aufmerksam gelesen zu haben, sich zumeist einbildete, er hätte jegliche Vermehrung der Eiweisszersetzung bei körperlicher Anstrengung geleugnet, so glaubte man, wenn man eine geringe Vermehrung derselben fand, ihn widerlegt zu haben oder in Widerspruch mit ihm zu stehen.

So Manche trafen ausserdem eine ungenügende Versuchsanordnung, bei welcher unmöglich ein reines und sicheres Resultat erhalten werden konnte.

Alle bis zum Jahre 1880 reichenden Versuche sind von Prof. Voit[1]) eingehend besprochen worden, ich will hier nur einige nochmals erwähnen, da von mancher Seite besonderer Wert auf dieselben gelegt wird.

Die englischen Autoren beziehen sich noch zumeist auf die Versuche von Parkes. Ich bemerke, dass derselbe in einer ersten Untersuchung beim Menschen am Arbeitstage eine geringere Stickstoffausscheidung im Harn finden wollte, als an den Ruhetagen, woraus er den Schluss zog, dass während der Arbeit das Nahrungseiweiss zum Teil an den arbeitenden Muskeln zum Ansatz gelange, während Liebig daraus entnahm, dass während der Arbeit zwar mehr Eiweiss in Zerfall gerate, die Produkte des Zerfalls aber erst nachher während der Ruhe zur Ausscheidung kämen; letzteres könnte jedoch nur am ersten Arbeitstage eintreten, oder es müssten sich bei einer durch mehrere Tage hindurch fortgesetzten Arbeit die Zersetzungsprodukte in Masse anhäufen.

[1]) Voit, Handbuch d. Philologie Bd. 6. S. 187 — 199.

Aber es war bei diesen Versuchen ein Haupterfordernis nicht erfüllt, denn es war der Stickstoffgehalt der Nahrung nicht genügend gleich gehalten und nur annähernd bekannt. Nach der Annahme von Parkes müsste beim hungernden Organismus die Arbeit ganz anders auf den Eiweissumsatz einwirken, als bei Nahrungszufuhr, und es müsste ferner, wenn der Körper bei der Ruhe im Stickstoffgleichgewicht sich befindet, bei der Arbeit weniger Stickstoff im Harne auftreten und dann bei der Ruhe nach der Arbeit mehr als bei der Ruhe vor der Arbeit.

Voit hat niemals während der Arbeit ein Sinken und darnach während der Ruhe ein Steigen der Stickstoffmenge beobachtet; auch hat er dargethan, dass die Zahlen von Parkes bei näherer Betrachtung diese Ab- und Zunahme gar nicht erkennen lassen.

In einer zweiten Untersuchung hat nun auch Parkes an Soldaten bei anscheinend gleich gehaltener Nahrung ganz andere Resultate erhalten, nämlich, wie auch Voit in einigen Fällen, eine geringe Vermehrung der Stickstoffausscheidung (um etwa 10%); diese Zunahme am Ruhetag nach der starken Arbeit rührt vielleicht von dem während der Anstrengung erlittenen Fettverluste her, da die Soldaten dabei in der Nahrung nur 254 gr Kohlenstoff aufnahmen.

Von besonderer Bedeutung schienen die an den amerikanischen Schnellläufern Perkins und Weston von Pavy und dann von Flint angestellten Versuche zu sein.

Pavy hatte nicht gesucht, die sehr complizierte Nahrung ganz gleichmässig zu halten, auch ist deren Stickstoffgehalt nur annähernd berechnet. Die Zahlen der Stickstoffausfuhr im Harn zeigen an den verschiedenen Tagen die grössten, ganz unbegreiflichen Schwankungen.

Er erhielt im Mittel:

	Stickstoff im Harn	Stickstoff in der Nahrung
für 15 Ruhetage	19.79	31.62
für 12 Marschtage	34.21	36.08

Es sind dies Werte, welche mit den von anderen Forschern und auch von Flint an dem gleichen Schnellläufer erhaltenen in unlösbarem Widerspruche stehen. Der Mann hätte dabei an den Ruhetagen viel mehr Eiweiss in der Nahrung aufgenommen, als er im Körper zersetzte, was mit der Ungleichmässigkeit der Kost die grössten Schwankungen im Eiweisszerfall bedingen musste, wodurch die Resultate gänzlich unbrauchbar werden.

Anders steht es mit den von Flint erhaltenen Werten. Er gibt im Mittel an:

	Stickstoff im Harn	Stickstoff in der Nahrung
für 10 Ruhetage	20.53	25.28
für 5 Marschtage	21.90	15.21

Es ist also hier im Mittel an den Marschtagen nur wenig mehr Stickstoff im Harn enthalten, wie an den Ruhetagen. Aber Flint legt darauf keinen Wert, sondern vielmehr darauf, dass in der Arbeitsperiode, bei einer viel geringeren und zwar ungenügenden Zufuhr von Stickstoff in der Nahrung, ebenso viel Stickstoff im Harn ausgeschieden wird, als bei reichlicher und überschüssiger Stickstoffzufuhr während der Ruheperiode. Daraus schliesst Flint, es werde während der Arbeit mehr Muskelgewebe zersetzt und das Verlorene in der Ruhezeit durch das Eiweiss der Nahrung wieder angesetzt. Aber ein solcher Schluss ist nicht gestattet, denn bei gleichwechselnder Stickstoffzufuhr würde auch ohne körperliche Anstrengung das gleiche Resultat erhalten worden sein. Flint hätte eben an den Ruhe- und Arbeitstagen die gleiche Quantität von Eiweiss, und zwar eine eben ausreichende geben müssen, wenn seine Untersuchung einen Wert haben sollte; statt dessen schwankt die Menge des in der Kost aufgenommenen Stickstoffs an den einzelnen Arbeitstagen um mehr als das Doppelte, und im Vergleich mit der Kost der Ruhetage selbst um das Vierfache von einem Tag zum andern, wodurch eben die Grösse des Eiweisszerfalls ausserordentliche Verschiedenheit zeigen muss.

Bei Flint's Versuchen hat der Schnellläufer namentlich während der Marschtage viel weniger Eiweiss in der Nahrung erhalten und weniger Nahrung überhaupt aufgenommen, als bei den Versuchen von Pavy; die Zufuhr der stickstofffreien Stoffe betrug an den 5 Marschtagen im Mittel nur 266 gr, so dass der Körper dabei um 3.4 Pfund an Gewicht abnahm.

Die neueren Versuche von North[1]) am Menschen ergaben folgende mittlere Zahlen der einzelnen Perioden:

Stickstoff in der Nahrung	Stickstoff im Harn und Koth im Mittel der ganzen Periode.	Stickstoff im Harn im Mittel vor der Arbeit.
18.86	18.71	16.48
18.86	16.84	14.77
18.86	17.56	15.01
18.86	18.64	13.52
17.64	17.33	14,15
17.64	16.74	13.77
17.64	17.10	12.92
17.64	17.10	13.23
18.25	17.50	14.23

Stickstoff im Harn im Mittel während der Arbeit	Stickstoff im Harn im Mittel nach der Arbeit
17.09	16.87
21.42	17.89
17.55	16.42
24.03	18.34
15.57	15.74
16.15	15.29
12.47	13.47
20.22	18.27
18.06	16.66

[1]) North, Procedings of the Royal Society 1885 Nr. 241 S. 443.

Es wird demnach hier bei der Arbeit mehr Stickstoff ausgeschieden als bei der Ruhe und zwar im Mittel um 3.73 gr = 26%; auch zeigt sich bei der Ruhe nach der Arbeit noch eine mittlere Steigerung um 2.43 gr = 17%. Es stimmt dies mit den Angaben und Schlussfolgerungen von Parkes nur wenig überein, welcher bei seiner ersten Untersuchung während der Arbeit weniger Stickstoff im Harn fand, wie bei der Ruhe, bei seiner zweiten Untersuchung aber etwas mehr, nemlich um etwa 10%; North sagt, er habe eine beträchtlichere Zunahme bei der Arbeit gefunden, als Parkes, da bei ihm die dem Menschen zugemutete Anstrengung eine grössere war.

North legt in der Zusammenfassung der Resultate seiner Untersuchung dar, dass bei der Arbeit wie bei Entziehung von Eiweiss der Körper Eiweiss verliere und darnach letzteres aus dem Eiweiss der Nahrung wieder ersetze, so dass dann nach der Arbeit mehr Stickstoff aufgenommen, als ausgeschieden werde. Es kann das jedoch nicht die einzige Ursache für die von North erhaltenen Werte sein, denn in diesem Falle müsste bei der Arbeit mehr Eiweiss zersetzt werden und bei der nachfolgenden Ruhe weniger und zwar weniger wie bei der der Arbeit vorausgehenden Ruhe, während doch von North bei der Ruhe vor der Arbeit weniger Stickstoff ausgeschieden wird wie bei der Ruhe nach der Arbeit.

In dem Stickstoffgehalte des Harns finden sich bei North in derselben Periode sehr bedeutende Schwankungen vor, so dass die für das Gelingen eines solchen Versuchs notwendigen Cautelen nicht vollständig erfüllt waren. Sollten die erhaltenen Mittelzahlen aber auch richtig sein, so widersprechen dieselben nicht den Angaben von Voit, wie North leicht aus dessen Schriften entnehmen kann. Hätte er genügend stickstofffreie Stoffe dargereicht, dann hätte er keine Steigerung in der Stickstoffausscheidung bemerkt; die geringe Steigerung der letzteren in der Ruhezeit nach der Arbeit gegenüber der Ruhezeit vor der Arbeit rührt zum grössten Teil von

dem an den Arbeitstagen erlittenen Fettverlust des Körpers her.

Die von O. Kellner[1]) am Pferde gemachten Versuche schienen den Angaben von Voit zu widersprechen, da dabei zuerst in 5 Perioden von je 14tägiger Dauer bei dem gleichen Futter eine mit der geleisteten Arbeit steigende Stickstoffausscheidung im Harn (von 98.6 bis zu 116.8 gr = 19%) gefunden wurde.

Später hat er nochmals 3 Versuchsreihen bei genauer Aufsammlung des Harns und ebenfalls gleichem Futter, jedoch mit höherem Eiweissgehalte ausgeführt.

Er fand dabei:

	Gewicht des Pferdes in Kilo.	Arbeit in Kilogrammeter.	Stickstoff im Harn.
1. Periode	497	810,000	198.6
2. Periode	471	2430,000	223.8
3. Periode	458	810,000	199.9

Die Zunahme in der Stickstoffmenge beträgt 12%.

Voit that dar, dass dieses Resultat durchaus nicht im Widerspruch mit seinen Versuchen steht, da er ja selbst unter Umständen eine Vermehrung um 16% gefunden hat; er zeigte aber alsbald, dass diese Vermehrung nicht durch die Arbeit an und für sich, sondern durch die Abnahme des Körperfetts in Folge der körperlichen Anstrengung bedingt sei. Wenn das Pferd ein für mässige Arbeit eben ausreichendes Futter enthält, dann kann dies für eine starke Anstrengung nicht mehr zureichen und das Tier muss an seinem Fettvorrate einbüssen, woraus sich auch die allmähliche Abnahme des Körpergewichts von 534 auf 508 Kilo und von 497 auf 458 Kilo erklärt.

Voit hat gesagt, dass wenn man dem Pferde bei der Arbeit stets soviel stickstofffreie Stoffe neben einer eben ausreichenden Eiweissmenge bieten würde, so dass der Körper kein Fett verliert, sicherlich auch keine Steigerung des Eiweisszerfalls eintreten würde.

[1]) O. Kellner, landw. Jahrb. Bd. 8. 1879 S. 701; Bd. 9. 1880 S. 651.

Diese Gründe erkannte auch Kellner an, denn in der späteren Untersuchung gab er dem Tier etwas mehr stickstofffreie Stoffe, wodurch das Gewicht desselben etwas weniger abnahm (von 557 auf 540 Kilo) und der Stickstoff im Harn von 164 nur auf 175 gr d. i. um 7% bei der grössten Arbeitsleistung zunahm. Die Schlüsse, welche Kellner aus seinen letzten Versuchen zieht, sind alle schon von Voit aus seinen Versuchen gezogen worden, also dass die Arbeit Ursache des Zerfalls von Körper- oder Nahrungsbestandteilen werden kann, dass dabei zunächst das stickstofffreie Material angegriffen wird, dass der Zerfall von Körpereiweiss durch Vermehrung der Nahrung, besonders der stickstofffreien Bestandteile derselben, aufgehalten werden kann, dass selbst reichliche Eiweisszufuhr der Zerstörung von Körpereiweiss nicht vorbeugen kann, wenn die Gesamtmenge der Nahrungsstoffe für den Bedarf der Kraftwirkungen ungenügend ist.

Es steht wohl jetzt nach den Untersuchungen von Voit fest, dass die Muskelarbeit keinen direkten Einfluss auf den Eiweissumsatz besitzt; in scheinbaren Ausnahmefällen muss man ermitteln, wodurch die Aenderung des Eiweisszerfalls hervorgerufen worden ist, denn es ist Thatsache, dass bei genügender Zufuhr von stickstofffreien Substanzen die Eiweisszersetzung bei der Arbeit sich nicht ändert. Die absolute Steigerung in der Stickstoffausscheidung ist zumeist nur eine geringe, sie ist, wenn im Körper noch Fett abgelagert ist, nicht proportional der geleisteten Arbeit und sie tritt vollständig in den Hintergrund gegenüber der gewaltigen Zunahme in der Fettzersetzung.

Der Eiweisszerfall wird überhaupt in seinem Gang nur wenig durch andere Momente beeinflusst; es ist vor Allem die Masse des in den Organen des Körpers abgelagerten Eiweisses und die Menge des in der Nahrung zugeführten Eiweisses, welche die Grösse des Zerfalls bestimmen. Es sind fast nur die Beschaffenheit der Zellen ändernde Eingriffe, z. B. die Einwirkung des Fiebers, des

Phosphor's, des Chinin's, durch welche die Eiweisszersetzung eine Aenderung erfährt.

Da es immerhin noch von Interesse ist, Beispiele für die Wirkung einer grösseren Arbeitsleistung auf den Eiweissumsatz beim Menschen zu sammeln, so bin ich der Aufforderung von Herrn Obermedizinalrat Professor Dr. v. Voit, die Stickstoffmenge im Harn bei den von mir von München aus unternommenen Bergbesteigungen zu bestimmen, gern nachgekommen.

Das Besteigen höherer Berggipfel eignet sich, wie schon Fick und Wislicenus betonten, vorzüglich zu Versuchen in dieser Richtung; denn es kann wohl keine andere Muskelanstrengung so lange Zeit ausgehalten werden, wie das Bergsteigen, welches die meisten Muskeln des Körpers in Anspruch nimmt und zwar abwechselnd beim Auf- und Absteigen. Beim Laufen, Rudern, Reiten, Turnen, Schwimmen u. s. f. sind zwar ebenfalls grosse Kraftleistungen möglich, aber zumeist nur während kürzerer Dauer, während ein tüchtiger Bergsteiger täglich 7 bis 8 Marschstunden zurückzulegen vermag.

Die Versuchsanordnung war so getroffen, dass in der Nahrung möglichst wenig Eiweiss und eine ausreichende Menge der stickstofffreien Nahrungsstoffe aufgenommen wurde, um bei der dem Hungerzustande sich annähernden geringen Stickstoffausscheidung eine Aenderung in der letzteren durch die Arbeit deutlicher hervortreten zu lassen.

Der Proviant musste auf der Bergtour mitgenommen werden und daher möglichst compendiös sein. Es wurde an jedem Tage einer Versuchsreise die gleiche Menge von Zwieback genommen, dazu gebratener Speck gegessen, dann Fleischextrakt mitgeführt, um eine schmackhafte Suppe bereiten zu können. Es wurden von diesen Substanzen genau abgewogene Quantitäten in Paketen mitgenommen; als Getränk diente ausser Wasser etwas Bier oder Cognak. Es wurden in der Regel täglich drei Mahlzeiten gehalten.

Zur Aufsammlung des Harns dienten grosse, mit Porzellanstöpseln versehene, dicht schliessende Champagnerflaschen, die im Rucksack getragen wurden. Der auf je einen Tag treffende Harn wurde dann nach der Rückkunft gemessen und in mehreren Proben der Stickstoffgehalt nach der Schneider-Seegen'schen Methode bestimmt, wobei ich mich der Unterstützung des Herrn Privatdozenten Dr. Erwin Voit, Assistenten am physiologischen Institut zu erfreuen hatte, den ich an dieser Stelle meinen wärmsten Dank ausspreche.

Ich habe drei Bergbesteigungen ausgeführt: die des Wendelsteins, der Zugspitze und des Grossglockners. Jede der drei Versuchsreihen bestand aus 4 Tagen, nemlich einem Ruhetage, dann zwei Arbeitstagen und darauf wieder einem Ruhetage.

Ich habe ein Körpergewicht von 134 Pfund, eine Körperlänge von 163½ cm und einen Brustumfang von 83—89 cm. Hervorheben möchte ich noch, dass mein Körper einen ziemlich bedeutenden Fettreichtum aufweist.

I. Besteigung des Wendelsteins (1849 Meter hoch).

Am 31. Dezember 1885 wurde, um den Eiweissumsatz herabzudrücken, wenig Fleisch in der Nahrung aufgenommen und Abends um 5 Uhr die letzte Mahlzeit vor dem Beginne der Versuchsreihe gehalten. Die auf drei Mal verteilte tägliche Mahlzeit bei derselben bestand aus:

150 gr Zwieback,
30 gr Speck,
8 gr Fleischextrakt,
50 gr Cognak,
375 gr Pschorrexportbier.

Am 1. Januar 1886 begann der 1. Versuchstag (Ruhetag) um 7 Uhr Morgens nach vollständiger Entleerung der Harnblase. Es wurde an diesem Tage die Anstrengung der Muskeln möglichst vermieden; Abends fuhr ich mit der Eisenbahn nach Schliersee und dann im Schlitten nach Bayrischzell am Fusse des Wendelsteins.

Am 2. Januar um 7 Uhr in der Frühe begann der 2. Versuchstag (1. Arbeitstag). Die Bergbesteigung wurde um 9 Uhr Morgens angetreten; kaum hatten wir das Dorf im Rücken, als sich bereits weicher, etwa 1½ Meter tiefer Schnee zeigte, durch welchen wir hindurchwaten mussten, was eine gute Gelegenheit zu grösseren Kraftleistungen für die Muskeln gab. Nach 3 Stunden um 12 Uhr Mittags kamen wir im Wendelsteinunterkunftshause an, von wo wir nach einstündiger Rast zum Gipfel aufbrachen, zu dessen Ersteigung wegen grosser Schneemenge und dichten Nebels eine knappe Stunde Zeit nötig war. Zum Abstieg nach dem Hause brauchten wir ½ Stunde, womit nach 4½ stündiger Anstrengung die Arbeit des ersten Arbeitstages beendigt wurde.

Wir wollten ursprünglich am Abend des ersten Arbeitstages noch nach Zell absteigen und die Versuchsreihe mit nur einem Arbeitstage in drei Tagen abmachen, aber ein gewaltiger Schneesturm zwang uns, bald wieder zum Unterkunftshause zurückzukehren.

Am 3. Januar begann der 3. Versuchstag (2. Arbeitstag). Wir trafen um 1 Uhr Mittags in Zell ein, waren um 5 Uhr Nachmittags in Schliersee und benutzten von da die Bahn nach München. Da ich für diesen Tag keinen Zwiebackvorrat mitgenommen hatte, so musste ich die auf den ganzen Tag treffende Zwiebackmenge von 150 gr erst abends nach der Ankunft in München verzehren, während die nötige Speckmenge im Wendelsteinhause aufgetrieben werden konnte.

Am 4. Januar begann um 7 Uhr früh der 4. Versuchstag (Ruhetag), an welchem so wenig als möglich Muskelbewegungen gemacht wurden.

Die Menge des stets sauer reagirenden Harns und des darin enthaltenen Stickstoffs war an den 4 Versuchstagen die folgende:

	Harnmenge in c. c.	spec. Gew.	Stickstoff in gr [1])
1.	1410	1022	8.18
2.	560	1029	8.30
3.	1003	1018	8.37
4.	690	1024	7.03

Die geringe Harnmenge des 2. Versuchstags erklärt sich aus dem bedeutenden Wasserverlust durch die Haut in Folge des verhältnissmässig raschen Ansteigens. Am 4. Versuchstage wurde nur wenig Wasser getrunken.

Die Stickstoffausscheidung im Harn ist an dem ersten Ruhetage und an den zwei Arbeitstagen die gleiche geblieben, so dass also die Arbeit keinen Einfluss auf die Eiweisszersetzung ausgeübt hat.

Am Ruhetag nach der Arbeit wurde etwas weniger Stickstoff entleert; es ist mir nicht klar geworden, woher dieser Abfall kömmt, sicher ist aber, dass am Ruhetag nach der Arbeit nicht mehr Stickstoff entfernt wird, als am Ruhetag vor der Arbeit oder an den 2. Arbeitstagen.

Die im verzehrten Zwieback, Speck und Fleischextrakt aufgenommene Stickstoffmenge stimmt mit der im Harn ausgeschiedenen überein.

II. Besteigung der Zugspitze.

(2953 Meter hoch.)

Da bei der ersten Versuchsreihe nur wenig gegessen wurde und namentlich das Quantum der stickstofffreien Stoffe zu gering zu sein schien, so wurde hier während eines Tages verzehrt:

[1]) 15 c.c. der vorgelegten verdünnten Schwefelsäure liefern 1,6978 gr. schwefelsauren Baryt und entsprechen demnach 0,2041 gr. Stickstoff; 15 c.c. der Schwefelsäure brauchen 61.6 c.c. Barytwasser zur Neutralisation, 1 c.c. Barytwasser = 3.31 mgr. Stickstoff. Statt 61.6 c.c. Barytwasser wurden verbraucht:

1) für 10 c.c. Harn 44.1 c.c. Barytwasser = 58 mgr. Stickstoff
2) „ 5 „ „ 39.2 „ „ „ „ 74.1 „ „ „
3) „ 10 „ „ 36.4 „ „ „ „ 83.4 „ „ „
4) „ 10 „ „ 30.8 „ „ „ „ 101.9 „ „ „

200 gr Zwieback
80 gr gebratener Speck
15 gr Fleischextrakt
50 gr Cognak.

Die erste Mahlzeit wurde um 5 Uhr Morgens, die zweite um 1 Uhr Mittags, die dritte um 5 Uhr Abends gehalten.

Der erste Ruhetag begann am 26. Juni 1886 um 3 U. Morgens, abermals nach vollständiger Entleerung der Harnblase. An demselben wurde die Eisenbahnfahrt von München nach Murnau unternommen und dann die Strecke von Murnau nach Garmisch im Wagen zurückgelegt.

Der 2. Versuchstag (1 Arbeitstag) fing am 27. Juni um 3 Uhr Morgens an. Nach kurzem Spaziergange durch Garmisch wanderten wir mit schwer beladenem Rucksacke in 2 Stunden nach dem Eibsee. Auf eine kurze Rast am Ufer des Sees folgte ein einstündiges kräftiges Rudern auf dem See, den wir quer durchfuhren. Die Temperatur der Luft war eine sehr hohe (30° C. im Schatten), so dass eine recht profuse Schweissabsonderung eintrat. Hierauf ging es durch Wald, Geröll und Felsen, stellenweise sehr steil, in 3½ Stunden zur Wiener-Neustädter Hütte, woselbst wir nach 7½ stündiger anstrengendster Arbeit die Nacht zubrachten.

Am 28. Juni um 3 Uhr früh wurde der zweite, noch ungleich mühseligere Arbeitstag eröffnet. Die sich darbietenden Schwierigkeiten waren deshalb besonders grosse, weil in Folge des in den letzten Wochen in den Bergen reichlich gefallenen Schnees die an den steilen Wänden der Zugspitze angebrachten Drahtseile und Eisenstifte zum grössten Teile unter dem Schnee begraben waren. Um 4 Uhr früh brachen wir von der Hütte auf; die Ankunft auf dem westlichen Gipfel der Zugspitze erfolgte nach ununterbrochener Wanderung um 7½ Uhr morgens. In der dicht unter dem Gipfel angebrachten Schutzhütte wurde kurze Rast gehalten und dann in ½ Stunde der östliche Gipfel erstiegen.

Schon kurz nach 9 Uhr wurde wegen eisigen Windes und Nebel der Rückzug angetreten und um 11 1/4 Uhr die Wiener-Neustädter Hütte wieder erreicht.

Um 2 Uhr Nachmittags langten wir am Eibsee und um 7 Uhr Abends in Garmisch an, von wo wir um 12 Uhr Nachts mit der Post nach Murnau fuhren und um 8 1/2 Uhr früh wieder in München anlangten.

Am 29. Juni Morgens 3 Uhr begann der 4. Versuchstag (Ruhetag), welcher fast ganz schlafend verbracht wurde.

Ich erhielt an den vier Versuchstagen im Harn folgende Quantitäten von Stickstoff:

	Harnmenge in c c	spec. Gew.	Stickstoff in gr[1])
1.	1549	1019	13.70
2.	830	1023	9.91
3.	631	1019	9.80
4.	1128	1022	9.89

An den beiden Arbeitstagen wurde wegen der reichlichen Wasserverdunstung an der Haut weniger Harn entleert. Die Stickstoffausscheidung im Harn ist an den 2 Arbeitstagen und an dem darauf folgenden Ruhetage fast völlig die gleiche, so dass es sicher ist, dass bei starker Arbeitsleistung und bei fast völliger Ruhe der gleiche Eiweisszerfall stattfindet. Nur am ersten Ruhetage wurden 3,79 gr Stickstoff mehr entleert, als an den 3 folgenden Tagen; es rührt dies davon her, dass das vor diesem ersten Ruhetage am 25. Juni mit der letzten Mahl-

[1]) 15 c.c. der vorgelegten verdünnten Schwefelsäure liefern 2,2805 gr. schwefelsauren Baryt und entsprechen demnach 0.2741 gr. Stickstoff; 15 c.c. der Schwefelsäure brauchen 87.7 c.c. Baryt wasser zur Neutralisation, 1 c.c. Barytwasser = 3.12 mgr. Stickstoff. Nach der Verbrennung von 10 c.c. Harn wurden statt 87.7 c.c Barytwasser verbraucht:

1) 59.35 Barytwasser = 88.45 mgr. Stickstoff
2) 49.45 „ „ „ 119.34 „ „ „
3) 37.90 „ „ „ 155.38 „ „ „
4) 59.60 „ „ „ 87.67 „ „ „

zeit aufgenommene Eiweiss noch nicht alles vor Beginn des ersten Ruhetags verdaut und zersetzt war. Ich nahm zwar am 25. Juni die letzte Mahlzeit wie sonst um 5 Uhr auf, aber der Versuchstag begann nicht wie bei der ersten Versuchsreihe um 7 Uhr Morgens, sondern schon um 3 Uhr Morgens, so dass zu dieser Zeit noch ein Teil der Nahrung vom vorausgehenden Tage im Darm unverdaut war, deren Zersetzungsprodukte erst am 1. Versuchstage zum Vorschein kamen.

Der Bequemlichkeit halber wurde hier ein Messcylinder auf die Reise mitgenommen und von dem im Tag entleerten, wohl gemischten Harn nur eine kleine Menge mitgeführt.

III. Besteigung des Grossglockner.
(3797 Meter hoch.)

Die dritte Versuchsreihe galt der Besteigung des Grossglockner. Dieselbe nahm am 19. Juli 1886 ihren Anfang und zwar um 2 Uhr Morgens, da die Glocknerbesteigung gewöhnlich in früher Morgenstunde unternommen wird.

Am Abende des erstens Ruhetages wurde die Eisenbahnfahrt über den Brenner und mit der Pusterthalbahn bis Lienz, im Coupé bequem liegend, gemacht.

Der Beginn des 2. Versuchstages (1. Arbeitstag) am 20. Juli fiel noch in die Zeit der Eisenbahnfahrt, weshalb von 2 Uhr Morgens an im Wagen kräftige Muskelbewegungen vorgenommen wurden. Um 8½ Uhr Vormittags ging es bei grosser Hitze mit schwer beladenem Rucksacke über Huben nach Kals, wo wir in 7½ Stunden um 4 Uhr Nachmittags anlangten. Von Kals ging es in 4½ Stunden nach der Stüdlhütte, in der wir um 10 Uhr Abends eintrafen und uns sofort der Ruhe überliessen.

Um 2 Uhr früh am 21. Juli begann der dritte Versuchstag (2. Arbeitstag) mit der eigentlichen Besteigung des Grossglockner.

Nach 3½ stündiger Wanderung standen wir um 5½ Uhr

Morgens auf der Spitze des Berges. Nach einem Aufenthalte von ½ Stunde stiegen wir zur Adlersruhe ab und dann über den sehr steilen, zerklüfteten Hofmannsweg nach dem Pasterzenboden. Nach längerem Verweilen auf der Franz Josefs-Höhe erreichten wir gegen 11½ Uhr Vormittags das Glocknerhaus. Der Nachmittag wurde noch mit fleissigem Spazierengehen um das Glocknerhaus herum zugebracht.

Am 22. Juli um 2 Uhr Morgens fing der 4. Versuchstag (Ruhetag) an, welcher in möglichster Ruhe verlebt wurde.

Die tägliche Nahrung in dieser Versuchsreihe bestand aus:

300 gr Zwieback
150 gr Speck
15 gr Fleischextrakt
50 gr Cognak

welche auf 3 Mahlzeiten um 6 Uhr früh, um 12 Uhr Mittags und um 6 Uhr Abends verteilt wurden.

Die Analyse des Harns ergab:

	Harnmenge in c. c.	spez. Gew.	Stickstoff in gr[1])	
1.	1605	1020	16.90	
2.	415	1028	6.04	10.10.
3.	917	1026	14.15	
4.	715	1019	11.45	

Die grosse Differenz in der Stickstoffmenge am zweiten und dritten Versuchstage erklärt sich dadurch, dass es

[1]) 15 c.c. der vorgelegten verdünnten Schwefelsäure liefern 2.2805 gr. schwefelsauren Baryt und entsprechen demnach 0.2741 gr. Stickstoff; 15 c.c. der Schwefelsäure brauchen 80 c.c. Barytwasser zur Neutralisation, 1 c.c. Barytwasser = 3.425 mgr. Stickstoff Nach der Verbrennung von 10 c.c. Harn wurden statt 80.0 c.c. Barytwasser verbraucht:

1) 49.3 c.c. Barytwasser = 105.30 mgr. Stickstoff.
2) 37.6 „ „ „ „ 145.53 „ „ „
3) 35.0 „ „ „ „ 154.35 „ „ „
4) 33.0 „ „ „ „ 160.18 „ „ „

durchaus nicht möglich war, kurz vor Beginn des dritten Versuchstages, Nachts 2 Uhr, Harn zu entleeren, offenbar weil während des zweiten Tages sehr viel Wasser durch Haut und Lungen verdampft worden war; ein Katheter war leider nicht zur Hand; die nächste Harnentleerung fand erst drei Stunden nach Beginn des dritten Versuchstages statt, so dass während 14 Stunden kein Tropfen Harn aus der Blase ausgeschieden wurde. Ich war daher genötigt, die Resultate der beiden Arbeitstage zusammen zu nehmen und für jeden Tag das Mittel zu ziehen. So findet sich an jedem Arbeitstage eine mittlere Ausscheidung von 10.10 gr Stickstoff im Harn, und am darauf folgenden Ruhetage eine solche von 11.45 gr, also etwas mehr wie während der Arbeit.

Auch hier trat wie bei der zweiten Versuchsreihe am ersten Ruhetage mehr Stickstoff im Harn aus und zwar ebenfalls, weil der erste Versuchstag schon Nachts 2 Uhr, zu bald nach der letzten Mahlzeit begann.

Da bei einer Gletscherfahrt der Messcylinder zerbrochen worden war, so waren wir genötigt, die ganze Harnmenge nach München mitzunehmen.

Die in den 3 Versuchsreihen aufgenommene Nahrung reicht nicht hin, den Körper auf seinem Bestande zu erhalten, sicherlich nicht an den anstrengenden Arbeitstagen, denn die Menge des zugeführten Stickstoffs und der stickstofffreien Stoffe war eine nicht genügende.

Bei einem Körpergewichte von 134 Pfund trat bei der ersten Versuchsreihe eine Abnahme um 570 gr ein, bei der zweiten Versuchsreihe um 550 gr und bei der dritten Versuchsreihe um 480 gr, welche Abnahme allerdings zum Teil nur aus Wasser bestehen kann.

Das Befinden war während sämtlicher Versuche ein ganz gutes und der Appetit nach jeder Versuchsreihe zwar bedeutend, aber keineswegs ein Heisshunger zu nennen.

Aus meinen Versuchen geht abermals hervor, dass

starke Muskelanstrengung dann, wenn im Körper ein genügender Vorrat von Fett vorhanden ist oder hinreichend stickstofffreie Stoffe in der Nahrung zugeführt werden, den Eiweissumsatz nicht beeinflusst. Die Menge des zersetzten Eiweisses ist bei den drei Versuchsreihen so gering, mit Zurechnung von 2.0 gr Stickstoff im Koth nur 62—78 gr täglich betragend, dass durch die Verbrennungswärme desselben (274288 bis 345070 Calorieen) die geleistete Arbeit sicherlich nicht gedeckt werden kann, besonders wenn man bedenkt, dass auf die 12 Tagesstunden nur etwa die Hälfte der aus dem Eiweisszerfall resultirenden Wärmeeinheiten trifft.

Um die in den verschiedenen Versuchsreihen sich vorfindenden kleinen Mängel zu begleichen, werde ich noch weitere Versuche machen, deren Resultate in der „Zeitschrift für Biologie“ mitgeteilt werden sollen.